

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES MARITIMES ET FLUVIALES

**Recommandations
pour le
CALCUL AUX ETATS-LIMITES
DES OUVRAGES EN SITE AQUATIQUE**

Série : DISPOSITIONS COMMUNES

**VALEURS
REPRESENTATIVES DES
PROPRIETES DE BASE
DES MATERIAUX**

[Sommaire : pages 2 à 4](#)

[Chapitre 3.3 : pages 48 à 50](#)

**RECOMMANDATIONS
POUR LE CALCUL AUX ETATS-LIMITES
DES OUVRAGES EN SITE AQUATIQUE**

VALEURS REPRESENTATIVES DES PROPRIETES DE BASE DES MATERIAUX

TABLE DES MATIERES

1. OBJET	5
2. DEFINITION GENERALE DES VALEURS REPRESENTATIVES DES PROPRIETES DE BASE DES MATERIAUX	6
2.1 INTRODUCTION ET PRINCIPALES NOTATIONS	6
2.2 SOURCES D'INCERTITUDES	6
2.3 VALEUR CARACTERISTIQUE	7
2.3.1 DEFINITION	7
2.3.2 DETERMINATION	8
2.4 VALEUR DE CALCUL	9
3. PROPRIETES DE BASE DES SOLS	10
3.1 RECOMMANDATIONS GENERALES	10
3.1.1 DEROULEMENT DES ETUDES GEOTECHNIQUES	10
3.1.2 PARAMETRE LOCAL ET PARAMETRE ETENDU	12
3.1.3 VALEURS ET PROFILS REPRESENTATIFS	13
3.1.3.1 Valeurs mesurées et valeurs dérivées	13
3.1.3.2 Valeur moyenne inférieure	13
3.1.3.3 Valeur basse	14
3.1.3.4 Valeur caractéristique	14
3.1.3.5 Valeur de calcul	16
3.1.4 EMPLOI DES TECHNIQUES STATISTIQUES	17
3.1.5 PRESENTATION SYNTHETIQUE DE LA DEMARCHE	18
3.1.5.1 Détermination des valeurs représentatives	18
3.1.5.2 Cas où le sol peut être reconnu lors de phases d'études (sols en place)	19
3.1.5.3 Cas où le sol ne peut être reconnu lors des phases d'études (sols rapportés)	20
3.1.5.4 Cas où le sol peut être modifié après la reconnaissance	21
3.1.6 ETUDE DES SITUATIONS DE PROJET	21
3.2 RECOMMANDATIONS PARTICULIERES	22
3.2.1 REMARQUES METHODOLOGIQUES ET CLASSES DE PRELEVEMENT	22
3.2.2 RESISTANCE AU CISAILLEMENT DES SOLS	23
3.2.2.1 Comportement des sols et courbe intrinsèque	23
3.2.2.2 Conduite et exploitation des essais de laboratoire	25
3.2.2.3 Résistance au cisaillement non drainé	26
3.2.2.4 Résistance au cisaillement drainé	28
3.2.2.5 Contraintes effectives et contraintes totales	30
3.2.2.6 Autres types de résistance au cisaillement	31
3.2.3 PARAMETRES DE RESISTANCE ET DE DEFORMABILITE	32
3.2.3.1 Conduite et exploitation des essais	32
3.2.3.2 Pression limite pressiométrique	33
3.2.3.3 Résistance de pointe pénétrométrique	37
3.2.3.4 Pression de fluage pressiométrique	38
3.2.3.5 Module pressiométrique	38
3.2.3.6 Coefficient de Poisson	39
3.2.3.7 Pression des terres au repos	39
3.2.3.8 Œdomètre	40

3.2.4	<i>PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES</i>	41
3.2.4.1	Reconnaissance hydrogéologique	41
3.2.4.2	Valeurs représentatives	42
3.2.4.3	Essais en place	42
3.2.5	<i>PARAMETRES DYNAMIQUES</i>	43
3.2.5.1	Valeurs représentatives	43
3.2.5.2	Développement de forces dynamiques	44
3.2.5.3	Liquéfaction	44
3.2.6	<i>PARAMETRES D'ETAT ET D'IDENTIFICATION</i>	45
3.2.6.1	Généralités	45
3.2.6.2	Masses et poids volumiques	46
3.2.6.3	Autres paramètres	47
3.2.7	<i>COEFFICIENT RHEOLOGIQUE α</i>	47
3.3	<i>COEFFICIENTS PARTIELS</i>	48
3.3.1	<i>COEFFICIENTS PARTIELS POUR LES ETATS-LIMITES ULTIMES</i>	48
3.3.2	<i>COEFFICIENTS PARTIELS POUR LES ETATS-LIMITES DE SERVICE</i>	49
3.3.3	<i>COEFFICIENTS PARTIELS EN SITUATION ACCIDENTELLE</i>	50
4.	PROPRIETES DES ROCHES ET DES ENROCHEMENTS	51
4.1	ROCHES	51
4.2	ENROCHEMENTS	52
4.2.1	<i>CADRE</i>	52
4.2.2	<i>CLASSIFICATION GEOMETRIQUE</i>	52
4.2.3	<i>PROPRIETES PHYSIQUES</i>	53
5.	PROPRIETES DES BETONS	54
5.1	INTRODUCTION ET PRINCIPALES NORMES D'ESSAI	54
5.2	BETONS A CARACTERES NORMALISES PRETS A L'EMPLOI	55
5.3	CONSTITUANTS DU BETON	56
5.3.1	<i>CIMENT</i>	56
5.3.2	<i>GRANULATS</i>	57
5.3.3	<i>EAU</i>	57
5.3.4	<i>ADJUVANTS</i>	57
5.4	CHOIX D'UN BETON	58
5.5	PROPRIETES MECANIQUES DU BETON	59
5.5.1	<i>RESISTANCE A LA COMPRESSION</i>	59
5.5.2	<i>RESISTANCE A LA TRACTION</i>	60
5.5.3	<i>MODULE DE DEFORMATION</i>	60
5.5.4	<i>AUTRES PARAMETRES</i>	61
5.5.5	<i>RETRAIT</i>	62
5.6	VALEURS CARACTERISTIQUES	62
5.6.1	<i>DEFINITIONS</i>	62
5.6.2	<i>VERIFICATIONS (fascicule 65-A)</i>	62
5.7	VALEURS DE CALCUL	64
6.	PROPRIETES DE L'ACIER	65
6.1	DEFINITIONS	65
6.2	DESIGNATION DES ACIERS	66
6.2.1	<i>ANCIENNE CONVENTION</i>	66
6.2.2	<i>NOUVELLE CONVENTION</i>	67
6.3	CHOIX D'UNE NUANCE D'ACIER	68
6.4	VALEURS CARACTERISTIQUES	69
6.5	VALEURS DE CALCUL	70
6.6	DURABILITE DES PARTIES METALLIQUES ET PRISE EN COMPTE DE LA CORROSION	70
7.	PROPRIETES DES MATERIAUX METALLIQUES POUR LES PIECES MECANIQUES	71
7.1	CHOIX DES MATERIAUX	71
7.1.1	<i>PRINCIPE</i>	71
7.1.2	<i>MATERIAUX DES ORGANES DE MANŒUVRE</i>	71
7.1.2.1	Tiges de vérin	71

7.1.2.2	Autres organes	72
7.1.3	MATERIAUX DES APPAREILS D'APPUI	73
7.1.4	MATERIAUX DE ROULEMENT	74
7.1.5	MATERIAUX DE FROTTEMENT	75
7.1.6	MATERIAUX DES ARTICULATIONS DES PORTES D'ECLUSE	75
7.1.7	MATERIAUX DE BLINDAGE ET DE PORTEE POUR L'ETANCHEITE	75
7.1.8	MATERIAUX DES ORGANES DE LIAISON	75
7.2	VALEURS REPRESENTATIVES	76
8.	TEXTES DE REFERENCE	77

3.3 COEFFICIENTS PARTIELS

☞ Voir l'application à un CCTP.

☞ Voir le principe de pénalisation.

☞ Voir des exemples d'application :

- ◆ appontement sur pieux
- ◆ duc d'Albe d'accostage
- ◆ duc d'Albe d'amarrage
- ◆ quai en blocs
- ◆ rideau de soutènement

3.3.1 COEFFICIENTS PARTIELS POUR LES ETATS-LIMITES ULTIMES

Les coefficients partiels ci-après résultent d'estimations et d'expertise ; ils ne sont pas justifiés à l'heure actuelle par des considérations statistiques ni probabilistes.

Les valeurs représentatives étant toujours des valeurs possibles des paramètres, on vérifie que l'application des coefficients partiels ne conduit pas à des valeurs de calcul aberrantes, lorsque l'on a identifié une borne inférieure certaine pour ces paramètres.

Dans le cas général :

Paramètre	favorable	défavorable
résistance au cisaillement non drainé c_u $\tan(\varphi_u)$	1,40 sans objet, en général $\varphi_u = 0$	1/ γ_M
résistance au cisaillement drainé c' $\tan(\varphi')$	1,20 1,20	
résultats d'essais en place ^(*) $p_1 - p_0$ q_c	1,00 ^(*) 1,00 ^(*)	
poids volumique du sol	1,00	
autres paramètres paramètres de déformabilité (résultats d'essais œdométriques, module pressiométrique) paramètres hydrogéologiques paramètres d'état et d'identification paramètres dynamiques	sans objet	

(*) Dans la pratique, la sécurité sur les résultats d'essais en place est prise en compte :

- ◆ par des **coefficients partiels** de résistance γ_R (**capacité portante** des fondations superficielles, **paramètres de charge** des éléments de fondation profonde, **résistance à la traction** des tirants d'ancrage, des scellements et des renforcements),
- ◆ par des **coefficients partiels** γ_M sur les paramètres d'interaction sol-structure (courbe de réaction des **écrans-plan de soutènement**, courbe de réaction des **pieux chargés horizontalement en tête**).

S'il n'est donc pas appliqué formellement de pondération à la source de la **pression limite pressiométrique** ou de la **résistance de pointe pénétrométrique**, il faut néanmoins rappeler que les incertitudes généralement estimées sur ces paramètres les rendraient justiciables d'un **coefficient partiel** γ_M de 1,40.

Pour les sols renforcés (CLOUTERRE 91) - voir le fascicule Talus et pentes :

	ouvrage courant	ouvrage sensible
résistance au cisaillement non drainé		
c_u	1,30	1,40
résistance au cisaillement drainé		
c'	1,50	1,65
$\tan(\varphi')$	1,20	1,30
résultats d'essais en place		
$p_l - p_0$	1,90	2,00
E_M	1,00	1,00

Une approche de la sécurité par une étude de sensibilité aux paramètres de **résistance au cisaillement** est proposée dans le fascicule **Digues des voies navigables** en alternative à la démarche des **coefficients partiels**.

 L'**annexe 1** fournit quelques éléments relatifs à la sensibilité des paramètres.

3.3.2 COEFFICIENTS PARTIELS POUR LES ETATS-LIMITES DE SERVICE

Il n'est pas introduit de coefficient de type $\gamma_{M, serv}$.

3.3.3 COEFFICIENTS PARTIELS EN SITUATION ACCIDENTELLE

Dans les cas courants, il n'est pas introduit de coefficient de type $\gamma_{M,acc}$.

Pour les sols renforcés (CLOUTERRE 91) - voir le fascicule Talus et pentes :

	ouvrage courant	ouvrage sensible
résistance au cisaillement non drainé		
c_u	1,20	1,30
résistance au cisaillement drainé		
c'	1,40	1,50
$\tan(\varphi')$	1,10	1,20
résultats d'essais en place		
$\rho_l - \rho_0$	1,00	1,10
E_M	1,00	1,00